



## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ГОЛОВЕ

Могилевская городская больница скорой медицинской помощи<sup>1</sup>,

Могилевская областная больница<sup>2</sup>, г. Могилев,

Республика Беларусь

**Цель.** Определение клинической значимости электроэнцефалографического (ЭЭГ) мониторинга при различных методах анестезии и на разных этапах операции при нейрохирургических вмешательствах на голове.

**Материал и методы.** Проанализировали ЭЭГ-мониторинг 34 пациентов, оперированных по причине внутричерепных гематом, опухолей головного мозга, послеоперационных дефектов черепа. Группа 1 – 16 пациентов с комбинированной анестезией (общая с проводниковыми блокадами периферических нервов волосистой части головы), группа 2 – 18 пациентов с общей анестезией. Пациенты в группах не различались по полу, возрасту, массе тела. Общая анестезия в группах – тотальная внутривенная с ИВЛ с использованием фентанила и пропофола. Блокады нервов выполняли 0,5% бупивакаином или 0,75-1,0% ропивакаином. Для электроэнцефалографического мониторинга использовали – Cerebral State Monitor, контролировали – Cerebral State Index (CSI).

**Результаты.** Статистически значимых различий индекса CSI между группами не отметили. Показатель CSI на момент начала операции в группе 1 составил  $45,7 \pm 5,9$  у.е., в группе 2 –  $54,2 \pm 17,5$  у.е.; при трепанации черепа в группе 1 –  $51,2 \pm 15,1$  у.е., в группе 2 –  $63,1 \pm 18,3$  у.е.; на основном этапе в группе 1 –  $43,0 \pm 6,3$  у.е., в группе 2 –  $44,8 \pm 8,9$  у.е..

У 5 (31,2%) пациентов группы 1 и у 8 (44,4%) группы 2 при трепанации черепа CSI увеличивался более 60 у.е., что потребовало дополнительного углубления анестезии путем болюсных введений фентанила и пропофола.

**Заключение.** Отмечено статистически незначимое увеличение CSI-индекса в группе с общей анестезией в сравнении с группой с комбинированной анестезией. Учитывая повышение CSI-индекса более 60 у.е. у 5 (31,2%) пациентов группы 1 и 8 (44,4%) группы 2, при трепанации черепа необходимо предварительно, за 3-5 мин до трепанации черепа, углублять анестезию.

**Ключевые слова:** электроэнцефалографический мониторинг, проводниковые блокады, общая анестезия, нейроанестезиология, индекс состояния головного мозга в нейрохирургии, мониторинг глубины анестезии

**Objective.** To determine the diagnostic importance of electroencephalographic (EEG) monitoring together with different methods of anesthesia and at different stages of the surgery during neurosurgical interventions in the head.

**Methods.** Perioperative EEG monitoring of 34 patients operated because of the intracranial hematomas, brain tumors, and postoperative skull defects was analyzed. The first group consisted of 16 patients with the combined anesthesia (general with conductor blockades of the peripheral nerves of the scalp part of the head), the second group – 18 patients with the general anesthesia. The groups did not differ by sex, age, body weight. General anesthesia in groups was total intravenous with the mechanical ventilation with fentanyl and propofol. Blockade of nerves was performed with 0.5% bupivacaine or 0.75-1.0% ropivacaine. Cerebral state monitor was used for electroencephalographic monitoring and the cerebral state index (CSI) was monitored.

**Results.** There were no significant differences between CSI groups. CSI parameters at the moment of the surgery onset were  $45.7 \pm 5.9$  un. in 1-st group, in the 2-nd group –  $54.2 \pm 17.5$  un.; at trepanation: 1-st group –  $51.2 \pm 15.1$  un., 2-nd group –  $63.1 \pm 18.3$  un.; main stage of the surgery: 1-st group –  $43.0 \pm 6.3$  un., 2-nd group –  $44.8 \pm 8.9$  un.; end of operation: 1-st group –  $48.1 \pm 9.9$  un., 2-nd group: –  $52.1 \pm 13$  un.

In 5 (31.2%) patients of the 1-st group and 8 (44.4%) of 2-st group, during the skull trepanation, CSI increased more than 60 un., which required additional deepening of anesthesia by bolus injections of fentanyl and propofol.

**Conclusions.** There were no significant differences in CSI between the groups with the combined and general anesthesia. Taking into account the increase in CSI by more than 60 un. in 5 (31.2%) patients in the 1-st group and 8 (44.4%) of the 2-st group, preliminary additional deepening of anesthesia is necessary 3-5 minutes before the braincase trepanation.

**Keywords:** electroencephalographic monitoring, conductor blockades, general anesthesia, neuroanesthesiology, cerebral state index in neurosurgery, anesthetic depth monitoring

**Novosti Khirurgii. 2018 May-Jun; Vol 26 (3): 348-357**  
**Features of Electroencephalographic Monitoring in Anesthesiological**  
**Support of Neurosurgical Interventions in the Head**  
**D.P. Markevich, A.V. Marochkov**

#### **Научная новизна статьи**

Впервые проведен анализ использования мониторингирования CSI-индекса при проведении комбинированной анестезии на основе тотальной внутривенной анестезии пропофолом в сочетании с проводниковыми блокадами периферических нервов головы, выполненными малыми (0,5-2,0 мл) объемами местного анестетика, у нейрохирургических пациентов. Электроэнцефалографический мониторинг, основанный на определении индекса состояния головного мозга, показал высокую клиническую значимость и позволил адекватно и безопасно провести анестезиологическое обеспечение у всех пациентов при нейрохирургических вмешательствах на голове.

#### **What this paper adds**

The use of CSI-index monitoring has been firstly analyzed during the combined anesthesia based on the total intravenous anesthesia with propofol in the combination with the conductor blockades of the peripheral head nerves made with small (0.5-2.0 ml) volumes of local anesthetic in neurosurgical patients. Electroencephalographic monitoring, based on the determination of the brain state index has shown a high clinical relevance and permitted to carry out the anesthesia support in all patients with neurosurgical interventions on the head adequately and safely.

#### **Введение**

В анестезиологической практике электроэнцефалография (ЭЭГ) стала неотъемлемой частью интраоперационного мониторинга пациента. Контроль состояния электрической активности головного мозга повысил безопасность анестезиологического обеспечения оперативных вмешательств, позволил оптимизировать ведение пациентов и защитить их от операционной агрессии и чрезмерной анестезиологической нагрузки [1, 2, 3]. Мониторинг ЭЭГ способствовал снижению летальности от анестезиологических причин [3].

Наиболее часто используемые системы контроля ЭЭГ во время общей анестезии представлены BIS-index, Entropy, индексом состояния пациента (PSY), Narcotrend, индексом состояния головного мозга (CSI – Cerebral State Index) и т.д. [1, 2, 3, 4]. С каждым годом растет количество публикаций, посвященных мониторингу электрической активности головного мозга в различных областях анестезиологии, интенсивной терапии и реаниматологии [1, 2, 4, 5]. Подавляющее большинство сообщений приходится на BIS-мониторинг. Однако за последнее десятилетие отмечен рост исследований с использованием CSI-мониторинга [1, 3, 6, 7, 8, 9].

**Цель.** Определение клинической значимости электроэнцефалографического (ЭЭГ) мониторинга при различных методах анестезии и на разных этапах операции при нейрохирургических вмешательствах на голове.

#### **Материал и методы**

За период с 1.11.2016 г. по 31.08.2017 г. проведено проспективное исследование: у 34

пациентов, прооперированных на голове и головном мозге, провели анализ периоперационного мониторинга ЭЭГ (CSI). На проведение исследования было получено одобрение Комитета по этике. Пациенты были прооперированы по причине травматических и нетравматических внутричерепных гематом, опухолей головного мозга, необходимости пластики послеоперационного дефекта черепа.

**Критерии включения в исследование.**

1. Совершеннолетние пациенты старше 18 лет обоего пола.
2. Необходимость оперативного вмешательства на голове и головном мозге.
3. Наличие письменного информированного согласия пациента, где указаны вид обезболивания (общая или комбинированная анестезия) и возможные осложнения анестезии, скрепленного подписью в форме «согласия на основе ознакомления». В случае невозможности пациента дать согласие на участие в исследовании (отсутствие сознания, другие виды недееспособности) согласие было получено у законного представителя пациента. В случае экстренного оперативного вмешательства и невозможности получить согласие на анестезию необходимость операции и обезболивания оформляли консилиумом врачей.

**Критерии исключения из исследования.**

1. Пациенты в возрасте до 18 лет.
2. Пациенты с уровнем сознания по шкале ком Глазго (ШКГ) 8 и менее баллов.
3. Отказ пациентов от участия в исследовании.

Из 34 пациентов были сформированы две группы. Рандомизацию при формировании групп осуществили подбрасыванием монеты: «орел» – первая группа, «решка» – вторая группа. В первую группу (группа 1) включили 16

пациентов, которым провели общую анестезию в комбинации с блокадами периферических нервов, иннервирующих волосистую часть головы. Во вторую группу (группа 2) включили 18 пациентов, которым для обезболивания провели общую анестезию без комбинации с проводниковыми блокадами. После получения информированного согласия пациентов на участие в исследовании им объясняли особенности общей и комбинированной анестезий. Проводниковые блокады периферических нервов волосистой части головы производили после вводной анестезии. Общая анестезия в обеих группах была представлена многокомпонентной сбалансированной эндотрахеальной анестезией в варианте тотальной внутривенной анестезии. Общая характеристика пациентов в группах 1 и 2 представлена в таблице 1.

В группе 2 у пациентов было больше случаев сопутствующей патологии. У некоторых пациентов было 2-3 сопутствующих заболевания. Сопутствующая патология и оценка физического статуса пациентов по шкале ASA представлены в таблице 2.

Пациентов оперировали как в плановом, так и в экстренном порядке. В предоперационном периоде всем пациентам выполняли рентгеновскую компьютерную и/или магнитно-резонансную томографии головы. В случаях

плановой операции пациентам за 30-40 минут до вводной анестезии с целью премедикации внутримышечно вводили 0,5-0,6 мг атропина, 10 мг диазепама и 30 мг кеторолака. В случаях экстренного вмешательства непосредственно на операционном столе премедикацию проводили путем внутривенного введения 0,4-0,6 мг атропина, 2,5-7,5 мг мидазолама или 5-10 мг диазепама, внутримышечно вводили 30 мг кеторолака. Антибиотикопрофилактику проводили внутривенным введением 2,0 г цефазолина за 30 минут до начала операции.

В операционной пациента укладывали на операционном столе и подключали к системам мониторинга: неинвазивное АД (НАД), пульсоксиметрия, ЧСС, ЭКГ и термометрия. Использовали монитор Infinity Delta (Dräger, Германия). Для профилактики гипотермии использовали согревающий матрас Рамонак-03 (Тахат, Беларусь). Температуру матраца выставляли 36-37°C.

Для контроля уровня сознания во время анестезии использовали портативный монитор глубины наркоза Cerebral State Monitor (CSM) (Danmeter, Дания). С его помощью мониторовали ЭЭГ – индекс состояния головного мозга (CSI). Использовали как оригинальные электроды «CSM Neuroline 720», так и ЭКГ-электроды Ambu White Sensor 4831Q (без потери

Таблица 1

**Общая характеристика пациентов групп 1 и 2 (Me, LQ, UQ)**

Показатель	Группа 1	Группа 2	Достоверность различий, p
Возраст, лет	44 (37, 64)	61,5 (47, 68)	0,24
Масса тела, кг	76 (70, 82)	79 (70, 98)	0,64
Рост, см	170 (170, 176)	174 (168, 178)	0,62
Пол, м/ж	13/3	13/5	0,53
Черепно-мозговая травма (ЧМТ), внутричерепная гематома	11	13	0,82
Послеоперационный дефект черепа	3	3	0,87
Опухоль головного мозга	2	2	0,91

Примечание: для расчета достоверности различий по полу и нозологиям использовали критерий  $\chi^2$ , а для расчета антропометрических показателей – критерий Манна-Уитни.

Таблица 2

**Сопутствующие заболевания, оценка по ASA**

Сопутствующие заболевания и оценка по ASA	Количество случаев в группе 1	Количество случаев в группе 2
ИБС	4	6
Артериальная гипертензия	6	9
Сахарный диабет	2	2
Нарушение жирового обмена	1	4
Алкоголизм	1	1
Гепатит вирусный	0	2
Гипотиреоз	0	1
Оценка по ASA II/IIe	4/5	4/1
Оценка по ASA III/IIIe	4/3	4/8
Оценка по ASA IVe	0	1

качества мониторинга). На мониторе CSM приведена левосторонняя схема расположения электродов. В технических характеристиках производитель указывает на возможность использовать и правую сторону для мониторинга ЭЭГ. Один датчик CSM располагали на середине лба, второй — на боковой поверхности лба, а третий — над сосцевидным отростком. Кожу пациента в области прикрепления датчиков предварительно очищали и обезжиривали 70 % спиртом, высушивали. Датчики монитора CSM располагали на контрлатеральной стороне операции.

Используя специальный алгоритм, монитор CSM анализирует — и — волны ЭЭГ, их соотношение и разницу, процент подавления всплеск электрической активности коры головного мозга за 30-секундный интервал (BS% - burst suppression %) и рассчитывает CSI-индекс состояния головного мозга. CSI — это условное число от 0 до 100. Значение CSI от 90 до 100 у.е. соответствует состоянию бодрствования, 80-89 у.е. — сонливости, 60-79 у.е. — поверхностной анестезии и седации, 40-59 у.е. — общей анестезии, 11-39 у.е. — глубокой анестезии, как правило, с высоким процентом подавления всплеск, 4-10 у.е. — отношению подавления всплеск 75 и более %, 0-3 у.е. — изоэлектрической ЭЭГ. BS% повышается при выраженной ишемии и гипоперфузии головного мозга, обусловленной травмой, в том числе и операционной, низким сердечным выбросом, гипотермией, а также при передозировке общих анестетиков.

Сопrotивление электродов монитора ЭЭГ было 1-3 кОм в обеих группах. Уровень качества записи сигнала (SQI%) во всех случаях был 60-100%. Кроме того, монитор CSM во время операции позволил мониторировать процент восстановления нейромышечной проводимости (EMG%).

Пациенту на операционном столе катетеризировали периферическую вену. Для инфузионной терапии использовали 0,9% раствор натрия хлорида.

Для вводной анестезии использовали внутривенное введение фентанила 1-1,5 мкг/кг и пропофола 1,5-2,0 мг/кг. Миорелаксацию для интубации трахеи осуществляли внутривенным введением тракриума 0,5-0,6 мг/кг или рокурониума 0,6-0,7 мг/кг.

После интубации трахеи пациентам проводили ИВЛ наркозно-дыхательным аппаратом Fabius Tiro (Dräger, Германия) кислородно-воздушной смесью в соотношении 1:1, FiO<sub>2</sub>=50%, по полузакрытому контуру, в режиме вентиляции IPPV. ETCO<sub>2</sub> поддерживали на уровне 35-45 мм рт.ст.

Затем пациентам группы 1 производили блокады периферических нервов волосистой части головы. Для блокад использовали 0,75-1,0% раствор ропивакаина или 0,5% раствор бупивакаина в объеме 7-9 мл для одного пациента. В зависимости от оперативного доступа у пациентов блокировали от 4 до 12 периферических нервов головы [10, 11].

Для поддержания анестезии использовали внутривенное титрование пропофола в дозе 4-6 мг/кг/час. Аналгезию в группе 2 обеспечивали болюсными введениями фентанила в общей дозе 1-3 мкг/кг/час. Фентанил также использовали в группе 1 при появлении клинических признаков неэффективности блокад нервов головы, а также для рассечения надкостницы, трепанации черепа и вскрытия твердой мозговой оболочки. Миорелаксацию в обеих группах обеспечивали болюсными внутривенными введениями тракриума (в группе 1 — у 9 пациентов, а в группе 2 — у 13 пациентов) в общей дозе 0,1-0,2 мг/кг/час или рокурониума (в группе 1 — у 7 пациентов, а в группе 2 — у 5 пациентов) в общей дозе 0,1-0,15 мг/кг/час.

Для оценки эффективности анестезиологического обеспечения интраоперационно контролировали состояние кожных покровов пациента, гемодинамические показатели, CSI, глюкозу и лактат артериальной крови. Параметры гемодинамики и CSI во время анестезии и операции регистрировали каждые 5 мин в «Протоколе анестезии». Для решения задач исследования данные ЧСС, НАД, CSI оценивали на следующих этапах: 1 — исходный, пациент на операционном столе; 2 — через 5-10 мин после интубации трахеи; 3 — начало операции (разрез кожи); 4 — трепанация черепа; 5 — через 10-15 мин после вскрытия твердой мозговой оболочки; 6 — наложение швов на кожу (конец операции). Глюкозу и лактат крови определяли на 1, 5 и 6 этапах.

После хирургического вмешательства пациентов для дальнейшего лечения переводили в отделение анестезиологии и реанимации (ОАиР). В послеоперационном периоде ЧСС и АД оценивали через 1 и 12 часов от поступления пациента в ОАиР.

У пациентов, доступных продуктивному контакту, интенсивность болевого синдрома оценивали с помощью линейной визуальной аналоговой шкалы (лВАШ) через 2 и 10-12 часов от окончания операции.

### Статистика

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием про-

граммы Statistica 7.0. Соответствие распределения нормальному определяли по критерию Shapiro-Wilk's test. Данные представлены в виде медианы (Me) и нижней и верхней квартилей (LQ; UQ). Для сравнения между группами использовали критерий Манна-Уитни. Для сравнения категориальных величин использовали критерий  $\chi^2$ . Статистическую значимость различий CSI внутри групп между этапами исследования определяли по критерию Вилкоксона. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Различий в длительности анестезии и операции в двух группах не выявлено. Время наркоза в группе 1 было 105 (80; 115) мин, а в группе 2 – 104 (85; 145) мин ( $p=0,64$ ). Время операции в группе 1 составило 70 (60; 88) мин, а в группе 2 – 77,5 (65; 100) мин ( $p=0,38$ ).

Инфузионная поддержка 0,9% раствором NaCl во время операции в группе 1 была 5,4 (3,7; 7,4) мл/кг/час, а в группе 2 – 5,5 (4,9; 6,4) мл/кг/час ( $p=0,46$ ). Кровопотеря во время операции в группе 1 составила 255 (120; 300) мл, а в группе 2 – 210 (150; 285) мл ( $p=0,92$ ).

Особенности анестезиологического обеспечения нейрохирургических вмешательств пациентов группы 1 и 2 представлены в таблице 3.

У пациентов группы 1 на этапе поддержания анестезии отметили статистически значимое меньшее использование фентанила по сравнению с пациентами группы 2 (таблица 3).

Изменения гемодинамических параметров и биохимических показателей на этапах анестезии и операции у пациентов двух групп представлены в таблице 4.

При сравнении групп статистически значимые большие значения систолического ( $p=0,002$ ), диастолического ( $p=0,02$ ) и среднего ( $p=0,13$ ) АД на 1-м этапе (исходном) отмечали в группе 2, по сравнению с группой 1 (таблица 4). В группе 2 на 3-ем этапе (разрез кожи) от-

метили более высокое диастолическое ( $p=0,02$ ) и среднее ( $p=0,04$ ) АД, чем в группе 1 (таблица 4). Также на 4-м этапе (трепанация) в группе 2 отметили более высокое диастолическое ( $p=0,04$ ) и среднее ( $p=0,02$ ) АД в сравнении с группой 1 (таблица 4). Статистически значимых различий по ЧСС, уровню глюкозы и лактата в крови между группами не выявили (таблица 4).

11 (68,8%) пациентов группы 1 были экстубированы в операционной спустя 7,0 (6,5; 12,0) мин от окончания операции, а 10 (55,6%) пациентов группы 2 – через 10 (9; 18) мин ( $p=0,06$ ). Время продленной ИВЛ в условиях отделения анестезиологии и реаниматологии в группе 1 составило 0,7 часа (0,5; 16,0), а в группе 2 – 1,7 часа (1,1; 7,0) ( $p=0,37$ ).

Учитывая рекомендации производителя ЭЭГ-монитора, во время оперативного вмешательства стремились поддерживать CSI на уровне 40-60 условных единиц. Особенности мониторинга глубины анестезии в двух группах пациентов, различающихся по анестезиологическому обеспечению, приведены в таблице 5.

Статистически значимых различий CSI на этапах анестезии и операции между двумя группами не отметили. Для статистического анализа использовали критерий Манна-Уитни. Отмечали статистически незначимое увеличение показателя CSI в группе 2 на 3, 4, 5 и 6 этапах в сравнении с группой 1 (см. таблицу 5).

Внутри групп провели сравнение показателя CSI между этапами анестезии и вмешательства. В обеих группах отметили статистически значимое различие CSI-индекса между 1-м (исходный) и 2-м (после интубации) этапами ( $p=0,001$  для обеих групп). В группе 1 значимых различий CSI между 2-м и 3-м (разрез кожи) этапами не выявили ( $p=0,48$ ). В группе 2 между 2-м и 3-м этапами выявили достоверное различие показателя CSI ( $p=0,006$ ). Между 3-м и 4-м (трепанация) этапами в группе 1, а также между этими этапами в группе 2 различий CSI-индекса внутри групп не обнаружили ( $p=0,52$  и  $0,23$ ).

Таблица 3

### Анестезиологическое обеспечение двух групп пациентов (Me (LQ; UQ))

		Группа 1 (n=16)	Группа 2 (n=18)	Достоверность различий между группами
Вводная анестезия	Фентанил, мкг/кг	1,31 (1,21; 1,42)	1,17 (0,95; 1,4)	$P=0,22$
	Пропофол, мг/кг	1,77 (1,64; 1,86)	1,60 (1,45; 1,69)	$P=0,37$
	Тракриум, мг/кг	0,50 (0,46; 0,56)	0,47 (0,45; 0,51)	$P=0,29$
	Рокурониум, мг/кг	0,61 (0,49; 0,71)	0,50 (0,48; 0,57)	$P=0,41$
Поддержание анестезии	Пропофол, мг/кг/час	3,78 (3,43; 5,15)	4,52 (3,38; 5,50)	$P=0,83$
	Фентанил, мкг/кг/час	1,28 (1,1; 2,1)	1,76 (1,58; 2,98)	$P=0,03$
	Тракриум (n=9), мг/кг/час	0,18 (0,14; 0,22)	0,20 (0,14; 0,37)	$P=0,88$
	Рокурониум, мг/кг	0,16 (0,12; 0,51)	0,23 (0,22; 0,25)	$P=0,55$

Примечание: при сравнении данных таблицы 3 был использован критерий Манна-Уитни.

Таблица 4

**Изменения гемодинамики и биохимических показателей  
во время операции в группах (Me (LQ; UQ))**

	Этапы оценки гемодинамики и биохимических показателей					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
<b>Группа 1</b>						
АД сист, мм. рт. ст.	140 (129, 150)	123 (116, 136)	129 (115, 135)	120 (106, 139)	116 (103, 118)	111 (104, 120)
АД диас, мм. рт. ст.	82 (80, 92)	85 (77, 87)	83 (77, 94)	79 (66, 92)	75 (69, 83)	70 (66, 79)
АД сред, мм. рт. ст.	101 (93, 114)	101 (90, 105)	100 (89, 107)	88 (79, 104)	90 (76, 98)	89 (78, 99)
ЧСС, уд/мин	81 (72, 90)	88 (82, 102)	83 (73, 92)	85 (73, 93)	76 (72, 95)	73 (68, 82)
Глюкоза, ммоль/л	5,6 (5,1, 6,2)				5,5 (5,2, 6,8)	5,5 (5,0, 6,7)
Лактат, ммоль/л	0,78 (0,61, 0,98)				0,68 (0,55, 0,89)	0,72 (0,65, 0,85)
<b>Группа 2</b>						
АД сист, мм. рт. ст.	163 (147, 169)	141 (131, 152)	141 (116, 169)	138 (114, 151)	107 (99, 125)	117 (110, 145)
АД диас, мм. рт. ст.	99 (90, 105)	91 (81, 106)	103 (84, 116)	95 (84, 115)	66 (64, 96)	82 (71, 92)
АД сред, мм. рт. ст.	121 (111, 131)	108 (99, 126)	119 (94, 143)	110 (99, 135)	82 (77, 105)	98 (88, 113)
ЧСС, уд/мин	75 (66, 86)	91 (85, 96)	87 (80, 95)	87 (77, 94)	77 (69, 88)	76 (63, 88)
Глюкоза, ммоль/л	5,4 (4,8, 6,4)				5,8 (5,1, 6,6)	5,9 (5,1, 6,3)
Лактат, ммоль/л	0,85 (0,66, 1,10)				0,82 (0,73, 1,0)	0,79 (0,63, 0,95)

соответственно). В группе 1 между 4-м и 5-м (основной) и между 5-м и 6-м (конец операции) этапами достоверных различий CSI-индекса не выявили ( $p=0,06$  и  $0,73$  соответственно). В группе 2 при сравнении 4-го и 5-го, а также 5-го и 6-го этапов выявили достоверные различия показателя CSI ( $p=0,002$  и  $0,04$  соответственно). Полученные данные расценили как более стабильные изменения CSI в группе пациентов с комбинированной анестезией (таблица 5).

У троих пациентов группы 2 (ЧМТ, опухоль головного мозга и послеоперационный дефект черепа) на 3-м этапе (разрез кожи) отмечали повышение CSI до 88-92 у.е., что было расценено как недостаточный

уровень анестезии. Этим пациентам дополнительно вводили внутривенно болюс пропофола 20-30 мг и фентанила 50-100 мкг, после чего CSI уменьшался до 35-45 у.е. У пациентов группы 1 (с проводниковыми блоками) на этапе разреза кожи индекс CSI не превышал 60 у.е.

У троих пациентов группы 1 (в двух случаях — черепно-мозговая травма и один случай — внутримозговая гематома на фоне артериальной гипертензии), при использовании нейрохирургом для трепанации моторной системы Aescular microspeed uni (Braun, Германия), на этапе трепанации черепа отмечали увеличение индекса CSI до 82-92 у.е. В группе 2 у двоих пациентов

Таблица 5

**Изменения CSI на этапах анестезиологического обеспечения (Me (LQ, UQ))**

	Этапы оценки CSI					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
<b>Группа 1 (n=16)</b>						
Показатель CSI в группе 1	97 (95, 99)	44 (41, 47)	44 (43, 48)	50 (43, 55)	41 (39, 44)	44 (40, 57)
<b>Группа 2 (n=18)</b>						
Показатель CSI в группе 2	96 (92, 99)	42 (37, 46)	49 (45, 58)	57 (45, 78)	44 (39, 47)	45 (41, 59)
Достоверность различий	0,29	0,33	0,09	0,08	0,43	0,42

с опухолью головного мозга и у троих пациентов с ЧМТ на момент трепанации с помощью моторной системы отмечали увеличение CSI до 77-91 у.е. При использовании нейрохирургом ручного трепана в группе 1 повышение индекса CSI до 68-72 у.е. отмечали у двоих пациентов с ЧМТ, а в группе 2 при ручной трепанации было повышение CSI до 72-82 у.е. у троих пациентов с ЧМТ. Эпизоды увеличения CSI расценили как недостаточный уровень анестезии. В этих случаях пациентам дополнительно вводили внутривенно болюс фентанила 50-100 мкг, 20-30 мг пропофола, увеличивали на 10-30 % дозу титрования пропофола. Кроме того, пациенту с ЧМТ группы 1 и пациентке с опухолью головного мозга группы 2 дополнительно вводили внутривенно мидазолам 2,5 мг. После введения мидазолама CSI снижался через 2-3 мин менее 60 у.е.

Таким образом, при трепанации черепа в группе 1 у 5 (31,2%), а в группе 2 у 8 (44,4%) пациентов отмечали повышение CSI больше 60 у.е., что потребовало дополнительного обезболивания.

Кроме того, у вышеперечисленных пациентов группы 1 (2 пациента с ЧМТ) и у 3 пациентов группы 2 (2 пациента с ЧМТ и один с опухолью головного мозга) при восстановлении нейромышечной проводимости, использование моторной системы для трепанации способствовало резкому повышению мышечного тонуса и активности мышц лба, что отражал CSM-монитор возрастанием EMG с 5-8% до 70-80%. В этих случаях дополнительно вводили поддерживающую дозу миорелаксанта.

На 6-м этапе (наложение швов на кожу) у 2 (12,5%) пациентов (опухоль головного мозга и ЧМТ) группы 1 отмечали повышение CSI до 66-82 у.е., а в группе 2 у 5 (27,8%) пациентов (3 ЧМТ, опухоль головного мозга и послеоперационный дефект черепа) было повышение CSI до 70-87 у.е., эти показатели были расценены как недостаточный уровень анестезии. Дополнительно этим пациентам в конце операции вводили болюс пропофола 20-30 мг, после чего через 2-3 мин CSI-индекс снизился до 41-48 у.е.

Трем пациентам группы 1 (ЧМТ, опухоль головного мозга, послеоперационный дефект черепа) с целью превентивной аналгезии за 2-3 мин до начала 4 этапа (трепанация) перед рассечением и сепарацией надкостницы (при послеоперационном дефекте — перед обработкой костного ложа) внутривенно вводили 1% раствор лидокаина в дозе 1 мг/кг. У пациентки с опухолью головного мозга и пациента с послеоперационным дефектом черепа через 1-1,5 минуты после введения лидокаина было снижен-

ние CSI на 3-4 у.е. на 4-5 минут. В дальнейшем у этих пациентов при обработке надкостницы и трепанации кости индекс ЭЭГ-активности головного мозга увеличился и превысил значения, предшествующие введению лидокаина, но был ниже 60 у.е. У пациента с ЧМТ введение лидокаина не привело к изменению CSI, а на момент трепанации наблюдали возрастание индекса до 92 у.е. Дополнительно пациенту вводили болюс пропофола 30 мг и фентанила 100 мкг, после чего через 3-4 мин индекс снизился до 55 у.е.

Также пациенту с ЧМТ группы 2 для превентивной аналгезии внутривенно вводили лидокаин в дозе 1 мг/кг за 2 мин. до начала трепанации черепа. Через 2 мин индекс ЭЭГ-активности головного мозга снизился с 46 до 34 у.е. Однако спустя 4 мин, на момент трепанации CSI повысился до 81 у.е. Пациенту дополнительно было болюсно введено фентанила 100 мкг и пропофола 20 мг, после чего через 3 мин индекс снизился до 44 у.е.

При трепанации черепа у одного пациента с ЧМТ группы 1 и у троих пациентов с ЧМТ группы 2 отмечали увеличение CSI более 60 у.е. Этим пациентам дополнительно вводили болюсы пропофола 20-30 мг и фентанила 50-100 мкг, после чего развилась гипотензия и среднее АД было меньше 60 мм рт.ст. Гипотензию купировали болюсными внутривенными введениями фенилэфрина 0,5-1,0 мг и в одном случае в группе 2 — титрованием дофамина 5-7 мкг/кг/мин. Кроме того, у двоих из этих пациентов (по одному из каждой группы с тяжелыми ушибами головного мозга) после вскрытия твердой мозговой оболочки отмечали повышение показателя BS% до 27-69% и снижение индекса ЭЭГ-активности головного мозга до 18-22 у.е. Данным пациентам уменьшили скорость титрования пропофола в 2-3 раза, применили фенилэфрин внутривенно болюсно, а пациенту из группы 2 титровали дофамин. Это позволило через 2-3 мин скорректировать гипотензию, а спустя 5-7 мин повысить индекс CSI до 27-32 у.е. и восстановить BS% до 5-10%.

У всех остальных пациентов обеих групп BS% на всех этапах исследования был равен 0%.

Во всех случаях болюсного введения пропофола в дозе 20-30 мг через 2-3 мин отмечали уменьшение CSI на 10-30 у.е. до значений 25-39 у.е. Последующее повышение CSI до диапазона 40-60 у.е. занимало 4-7 мин.

В раннем послеоперационном периоде (первые сутки после операции) летальных исходов у пациентов обеих групп не было. Через 48 суток после операции от ТЭЛА умер в возрасте 81 года один пациент группы 2, прооперированный по поводу ЧМТ.

### Обсуждение

Значительное количество сообщений о применении мониторинга электрической активности головного мозга в анестезиологической практике посвящено BIS-мониторингу или исследованиям, где приводятся сравнения использования BIS-мониторинга с другими системами контроля ЭЭГ [3, 4, 7]. Существенно меньшее количество публикаций посвящено CSI-мониторингу. Так, в 2007 году P.K. Sinha, T. Koshy отметили отсутствие данных о работах, посвященных выявлению случаев интраоперационного восстановления сознания при использовании для контроля глубины анестезии CSI [4]. Авторы указали лишь на сообщение R.E. Anderson et al., которые сравнили использование BIS и CSI у 38 взрослых пациентов при общей анестезии пропофолом, севофлураном и десфлураном. R.E. Anderson et al. не выявили существенной разницы между обеими системами контроля глубины анестезии [7]. Большинство исследований, связанных с ЭЭГ-контролем во время нейрохирургических операций на голове также основаны на BIS [2, 3, 7].

E.W. Jensen, H. Litvan et al. провели исследование у двух групп пациентов при пропофоловой анестезии [3]. Для мониторинга ЭЭГ они использовали CSM-монитор. В одной группе добровольцев они вводили пропофол в дозе 300 мл/час, вызывавшей появление BS% до 80%, а в другой группе применяли пошаговое введение пропофола до исчезновения реакции CSI на болевые стимулы. Авторы обнаружили высокую корреляцию между BIS и CSI при пропофоловой анестезии [3]. В настоящем исследовании применялись значительно меньшие дозы пропофола (для поддержания анестезии в группе 1 титровали пропофол со скоростью 3,78 (3,43; 5,15) мг/кг/час, а в группе 2 — 4,52 (3,38; 5,50) мг/кг/час). Появление BS% до 15-29% было у двух пациентов (по одному в каждой группе) на основном этапе операции, что расценено как сочетание тяжелой травмы головного мозга с его ишемией и с предварительным введением болюсов пропофола и фентанила на этапе трепанации черепа.

F. Etezadi, A.A. Orandi et al. использовали CSI-мониторинг у 190 пациентов при удалении опухолей головного мозга [9]. В их исследовании целевое значение CSI во время операции поддерживали в диапазоне 40-60 у.е. Они описали 4 случая тригемино-кардиального рефлексa, когда при манипуляциях нейрохирурга в области стволов тройничного нерва у пациентов развивались гипотензия, брадикардия,

а в послеоперационном периоде — тошнота и рвота. Показатели CSI при этом были 51 у.е. в трех случаях и 77 у.е. в одном. К сожалению, авторы не детализировали изменения индекса ЭЭГ-активности головного мозга по этапам наркоза и операции. В наших наблюдениях после вскрытия твердой мозговой оболочки на основном этапе операции у одного пациента группы 1 и троих группы 2 развилась гипотензия и замедлился сердечный ритм по сравнению с предыдущим этапом. Это было расценено как реакция на предварительно введенные болюсы фентанила и пропофола на этапе трепанации черепа и уменьшение ноцицептивного раздражения после вскрытия твердой мозговой оболочки, а не как тригемино-кардиальный рефлекс. CSI-индекс у наших пациентов при этом был менее 30 у.е.

F. Weber, N. Kriek et al. исследовали у 40 пациентов влияние мивакуриума на величину CSI при пропофоловой анестезии [12]. В этом исследовании они доказали отсутствие влияния миорелаксанта на значение индекса ЭЭГ-активности головного мозга. Хотя P.K. Sinha, T. Koshy указывали в своем сообщении на снижение CSI при введении миорелаксантов [4]. В наших наблюдениях, когда для трепанации черепа использовали моторную систему с частотой оборотов трепана 1200/мин, у 3 (18,8%) пациентов группы 1 и у 5 (27,8%) пациентов группы 2 отмечали увеличение EMG% до 70-80% и возрастание CSI до 70-90 у.е. Мы расценивали это как недостаточный уровень анестезии и релаксации. Болюсами пациенту вводили пропофол, фентанил и релаксант (тракриум или рокуроний). Отметим, что само повышение тонуса мимических мышц может привести к активации ЭЭГ [4, 5].

Для предотвращения усиления боли при трепанации черепа 3 (18,8%) пациентам группы 1 и одному (5,6 %) группы 2 внутривенно вводили лидокаин в дозе 1 мг/кг. У этих пациентов в последующем при трепанации черепа отмечали увеличение CSI, что заставило вводить пациентам болюсы фентанила и пропофола. Таким образом, предварительное внутривенное введение лидокаина в дозе 1 мг/кг не привело к стабилизации CSI при трепанации черепа.

W. Loskota отметил в своей публикации, что повышение BS% наблюдается в случае гипоперфузии мозга, а также при введении больших доз анестетиков [5]. На такие же особенности ЭЭГ-мониторинга указывают и другие авторы [3, 4]. В настоящем исследовании в обеих группах было по одному пациенту с тяжелым ушибом головного мозга, когда на основном этапе операции BS% возрастал до 51-69%.



## Выводы

1. Электроэнцефалографический мониторинг, основанный на определении индекса состояния головного мозга, в двух группах пациентов показал высокую клиническую значимость и позволил адекватно и безопасно провести анестезиологическое обеспечение у всех пациентов при нейрохирургических вмешательствах на голове.

2. Достоверных различий индекса ЭЭГ-активности головного мозга на этапах анестезии и операции между группой с комбинированной (общей и проводниковой) анестезией и группой только с общей анестезией не было.

3. Учитывая увеличение CSI больше 60 у.е. у 5 (31,2%) пациентов группы 1 и у 8 (44,4%) пациентов группы 2 на этапе трепанации черепа (особенно при использовании моторной системы) необходимо предварительно, за 3-5 мин до начала трепанации черепа, углублять анестезии путем внутривенного болюсного введения или увеличения скорости титрования анальгетиков и гипнотиков.

## Финансирование

Работа выполнялась в отделении анестезиологии и реанимации Могилевской городской больницы скорой медицинской помощи.

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов авторы не получали.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

## Одобрение комитета по этике

Положительное заключение Комитета по этике Могилевской городской больницы скорой медицинской помощи. Протокол № 2 от 10.11.2016 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang L, Xu L, Zhu J, Gao Y, Luo Z, Wang H, Zhu Z, Yu Y, Shi H, Bao H. To clarify features of photoplethysmography in monitoring balanced anesthesia, compared with Cerebral State Index. *Med Sci Monit.* 2014 Mar 25;20:481-86. doi: 10.12659/MSM.889924
2. Друммонд ДК, Пател ПМ. Анестезиологическое обеспечение в нейрохирургии. В кн: Миллер Р, ред. Анестезия. С-Петербург, РФ: Человек; 2015. с. 2197-42.
3. Jensen EW, Litvan H, Revuelta M, Rodriguez BE, Caminal P, Martinez P, Vereecke H, Struys MM. Cerebral state index during propofol anesthesia: a comparison with the bispectral index and the A-line ARX index. *Anesthesiology.* 2006 Jul;105(1):28-36. doi: 10.1097/00000542-200607000-00009

4. Sinha PK, Koshy T. Monitoring devices for measuring the depth of anaesthesia – an overview. *Indian J Anaesth.* 2007;51(5):365-81. Available from: <http://www.ijaweb.org/text.asp?2007/51/5/365/61166>
5. Loskota W. Intraoperative EEG monitoring. 2005 Dec;24(Is 4):176-85. doi: <https://doi.org/10.1053/j.sane.2005.10.007>
6. Липницкий АЛ, Резников МВ, Липницкая ВВ, Юрцев АН, Хижняк АВ, Кустрей АВ. Диагностика смерти мозга с помощью CSI-мониторинга. *Здравоохранение.* 2013;(6):57-60. <http://www.zdrav.by/pdf/2013/Zdrav6.pdf>
7. Anderson RE, Jakobsson JG. Cerebral state monitor, a new small handheld EEG monitor for determining depth of anaesthesia: a clinical comparison with the bispectral index during day-surgery. *Eur J Anaesthesiol.* 2006 Mar;23(3):208-12. doi: 10.1017/S0265021505002206
8. Fazel MR, Fakharian E, Akbari H, Mahdian S, Yadollahi S, Mahdian M. Agreement of cerebral state index and glasgow coma scale in brain-injured patients. *Arch Trauma Res.* 2014 Mar;3(1):e15892. Published online 2014 Mar 30. doi: 10.5812/at.15892
9. Etezadi F, Orandi AA, Orandi AH, Najafi A, Amirjamshidi A, Pourfakhr P, Khajavi MR, Abbassioun K. Trigemino-cardiac reflex in neurosurgical practice: An observational prospective study. *Surg Neurol Int.* 2013 Sep 18;4:116. doi: 10.4103/2152-7806.118340. eCollection 2013
10. Osborn I, Sebeo J. "Scalp block" during craniotomy: a classic technique revisited. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2010 Jul;22(3):187-94. doi: 10.1097/ANA.0b013e3181d48846
11. Маркевич ДП, Марочков АВ. Блокады периферических нервов в анестезиологическом обеспечении нейрохирургических вмешательств на голове. *Региональная Анестезия и Лечение Острой Боли.* 2017;11(4):270-78.
12. Weber F, Kriek N, Blussé van Oud-Alblas HJ. The effects of mivacurium-induced neuromuscular block on Bispectral index and cerebral state index in children under propofol anesthesia – a prospective randomized clinical trial. *Paediatr Anaesth.* 2010 Aug;20(8):697-703. doi: 10.1111/j.1460-9592.2010.03327.x

## REFERENCES

1. Zhang L, Xu L, Zhu J, Gao Y, Luo Z, Wang H, Zhu Z, Yu Y, Shi H, Bao H. To clarify features of photoplethysmography in monitoring balanced anesthesia, compared with Cerebral State Index. *Med Sci Monit.* 2014 Mar 25;20:481-86. doi: 10.12659/MSM.889924
2. Drummond DK, Patel PM. Анестезиологическое обеспечение в нейрохирургии. В кн: Миллер Р, ред. Анестезия. S-Petersburg, RF: Chelovek; 2015. p. 2197-42. (in Russ.)
3. Jensen EW, Litvan H, Revuelta M, Rodriguez BE, Caminal P, Martinez P, Vereecke H, Struys MM. Cerebral state index during propofol anesthesia: a comparison with the bispectral index and the A-line ARX index. *Anesthesiology.* 2006 Jul;105(1):28-36. doi: 10.1097/00000542-200607000-00009
4. Sinha PK, Koshy T. Monitoring devices for measuring the depth of anaesthesia – an overview. *Indian J Anaesth.* 2007;51(5):365-81. Available from: <http://www.ijaweb.org/text.asp?2007/51/5/365/61166>
5. Loskota W. Intraoperative EEG monitoring. 2005 Dec;24(Is 4):176-85. doi: <https://doi.org/10.1053/j.sane.2005.10.007>

sane.2005.10.007

6. Lipnitskii AL, Reznikov MV, Lipnitskaia VV, Iurtsev AN, Khizhniak AV, Kustrei AV. Diagnosis of cerebral death using CSI-monitoring. *Zdravookhranenie*. 2013;(6):57-60. <http://www.zdrav.by/pdf/2013/Zdrav6.pdf> (in Russ.)

7. Anderson RE, Jakobsson JG. Cerebral state monitor, a new small handheld EEG monitor for determining depth of anaesthesia: a clinical comparison with the bispectral index during day-surgery. *Eur J Anaesthesiol*. 2006 Mar;23(3):208-12. doi: 10.1017/S0265021505002206

8. Fazel MR, Fakharian E, Akbari H, Mahdian S, Yadollahi S, Mahdian M. Agreement of cerebral state index and glasgow coma scale in brain-injured patients. *Arch Trauma Res*. 2014 Mar;3(1):e15892. Published online 2014 Mar 30. doi: 10.5812/at.15892

9. Etezadi F, Orandi AA, Orandi AH, Najafi A, Amirjamshidi A, Pourfakhr P, Khajavi MR, Abbassioun

K. Trigemino-cardiac reflex in neurosurgical practice: An observational prospective study. *Surg Neurol Int*. 2013 Sep 18;4:116. doi: 10.4103/2152-7806.118340. eCollection 2013

10. Osborn I, Sebeo J. "Scalp block" during craniotomy: a classic technique revisited. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2010 Jul;22(3):187-94. doi: 10.1097/ANA.0b013e3181d48846

11. Markevich DP, Marochkov AV. Blokady perifericheskikh nervov v anesteziologicheskom obespechenii neirokhirurgicheskikh vmeshatel'stv na golove. *Regionarnaya Anestezia i Lechenie Ostroi Boli*. 2017;11(4):270-78. (in Russ)

12. Weber F, Kriek N, Blussé van Oud-Alblas HJ. The effects of mivacurium-induced neuromuscular block on Bispectral index and cerebral state index in children under propofol anesthesia – a prospective randomized clinical trial. *Paediatr Anaesth*. 2010 Aug;20(8):697-703. doi: 10.1111/j.1460-9592.2010.03327.x

#### Адрес для корреспонденции

212030, Республика Беларусь,  
г. Могилев, ул. Боткина, д. 2,  
Могилевская городская больница  
скорой медицинской помощи,  
отделение анестезиологии и реанимации,  
тел./факс: +375(222) 22-16-26,  
+375(222) 29-16-42,  
e-mail: snyter1977@gmail.com,  
Маркевич Денис Петрович

#### Address for correspondence

212030, The Republic of Belarus,  
Mogilev, Botkin Str., 2,  
Mogilev Emergency City Hospital,  
Anesthesiology and Intensive Care Unit.  
Tel./fax: +375(222) 22-16-26,  
+375(222) 29-16-42,  
e-mail: snyter1977@gmail.com,  
Denis P. Markevich

#### Сведения об авторах

Маркевич Денис Петрович, заведующий отделением анестезиологии и реанимации, Могилевская городская больница скорой медицинской помощи, г. Могилев, Республика Беларусь.

<http://orcid.org/0000-0002-1117-3877>

Марочков Алексей Викторович, д.м.н., профессор, врач анестезиолог-реаниматолог, Могилевская городская больница скорой медицинской помощи, г. Могилев, Республика Беларусь.

<http://orcid.org/0000-0001-5092-8315>

#### Information about the authors

Markevich Denis P., Head of Anesthesiology and Intensive Care Unit, Mogilev Emergency City Hospital, Mogilev, Republic of Belarus.

<http://orcid.org/0000-0002-1117-3877>

Marochkov Alexey V., MD, Professor, Anesthesiologist-Resuscitator, Mogilev Emergency City Hospital, Mogilev, Republic of Belarus.

<http://orcid.org/0000-0001-5092-8315>

#### Информация о статье

Поступила 17 февраля 2018 г.

Принята в печать 6 марта 2018 г.

Доступна на сайте 15 июня 2018 г.

#### Article history

Arrived 17 February 2018

Accepted for publication 06 March 2018

Available online 15 June 2018